

BUNDEREPUBLIK DEUTSCHLAND

Rec'd PCT/PTO 03 JUN 2005

PRIORITY DOCUMENT
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
 COMPLIANCE WITH
 RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 19 DEC 2003

WIPO PCT

10/537624

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

102 56 456.6

Anmeldetag:

3. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber:

Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung:

Überwachungsverfahren für einen Aktor und zugehörige Treiberschaltung

IPC:

F 02 D 41/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. November 2003
 Deutsches Patent- und Markenamt
 Der Präsident
 Im Auftrag

BEST AVAILABLE COPY

Stark

Beschreibung

Überwachungsverfahren für einen Aktor und zugehörige Treiberschaltung

5

Die Erfindung betrifft eine Treiberschaltung für einen Aktor, insbesondere für einen piezoelektrischen Aktor für ein Einspritzventil einer Brennkraftmaschine, sowie ein Überwachungsverfahren für eine derartige Treiberschaltung.

10

In modernen Einspritzanlagen für Brennkraftmaschinen werden piezoelektrische Aktoren als Stellglieder für die Einspritzventile eingesetzt, was im Vergleich zu herkömmlichen Magnetventilen eine hochdynamische Steuerung des Einspritzvorgangs ermöglicht. Der Hub eines derartigen piezoelektrischen Aktors und damit die Ventilstellung des zugehörigen Einspritzventils hängt von dem Ladungszustand ab, so dass der piezoelektrische Aktor entsprechend dem gewünschten Hub aufgeladen bzw. entladen werden muss.

20

Aus EP 1 138 917 A1 ist eine Treiberschaltung zur elektrischen Ansteuerung eines derartigen piezoelektrischen Aktors bekannt, die einen eingangsseitig angeordneten Gleichspannungswandler sowie einen Ladeschalter und einen Entladeschalter aufweist. Der Ladeschalter verbindet eine mit dem Aktor in Reihe geschaltete Diode mit einer Versorgungsspannung, um den Aktor aufzuladen, während der Entladeschalter den Aktor über die Diode mit Masse verbindet, um den Aktor zu entladen. Durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung des Ladeschalters und des Entladeschalters lässt sich dann der gewünschte Hub des Aktors erreichen.

30

Darüber hinaus ermöglicht die bekannte Treiberschaltung auch die Erkennung eines Massekurzschlusses des Aktors. Hierzu wird im Rahmen einer herkömmlichen Fehlerstrommessung der durch den Aktor fließende elektrische Strom sowie der an anderer Stelle des Aktorstromkreises fließende Strom gemessen.

35

und hinsichtlich einer entsprechenden Treiberschaltung durch die Merkmale des Anspruchs 10 gelöst.

Die Erfindung umfasst die allgemeine technische Lehre, in Abhängigkeit von dem Vergleich der gemessenen Ströme mindestens drei verschiedene Zustände zu unterscheiden und entsprechend ein Diagnosesignal mit mindestens drei möglichen Zuständen zu erzeugen.

Der im Rahmen der Erfindung verwendete Begriff eines Diagnosesignals mit mehreren möglichen Zuständen ist allgemein zu verstehen und umfasst nicht nur ein Diagnosesignal im engeren Sinne, das beispielsweise drei unterschiedliche Signalpegel annehmen kann. Es ist vielmehr auch möglich, dass das Diagnosesignal aus drei digitalen Signalen besteht, die jeweils einen fehlerfreien Betrieb, einen Massekurzschluss oder einen Kurzschluss gegenüber der Versorgungsspannung anzeigen.

Auch ist die Erfindung nicht auf den eingangs beschriebenen bekannten Typ einer Treiberschaltung beschränkt, sondern auch mit einer andersartigen Treiberschaltung realisierbar. Beispielsweise kann die Treiberschaltung einen Transformator aufweisen, wobei die Primärseite des Transformators über einen Ladeschalter mit einer Versorgungsspannung verbunden ist, während die Sekundärseite über einen Entladeschalter mit dem piezoelektrischen Aktor verbunden ist. Durch eine geeignete pulsweitenmodulierte Ansteuerung des Ladeschalters und des Entladeschalters lässt sich dann der Ladezustand des piezoelektrischen Aktors entsprechend dem gewünschten Hub einstellen, so dass das Einspritzventil zu den vorgegebenen Zeiten entweder öffnet bzw. schließt.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ermöglicht darüber hinaus nicht nur eine Kurzschlusserkennung, sondern auch eine Erkennung eines Leitungsbruchs. So führt eine Unterbrechung des Aktorstromkreises in der Regel zu einem übermäßigen Spannungsanstieg in dem Aktorstromkreis. Es ist deshalb in

Eine Variante der Erfindung sieht vor, dass der Strom in dem Aktorstromkreis an beiden Messpunkten masseseitig ("Low-Side") erfolgt, indem die Spannung jeweils über einem an Masse geschalteten Widerstand gemessen wird. Vorteilhaft an dieser masseseitigen Fehlerstrommessung an beiden Messpunkten ist der relativ geringe schaltungstechnische Aufwand, da die gemessenen Spannungen dem jeweiligen Strom direkt proportional sind.

- 10 In einer anderen Variante der Erfindung erfolgt die Fehlerstrommessung dagegen an beiden Messpunkten in dem Aktorstromkreis spannungsseitig mittels zweier Messwiderstände ("Shunts"), die spannungsseitig in Reihe in dem Aktorstromkreis angeordnet sind. Der Spannungsabfall über diesen Messwiderständen gibt dann den Strom in dem Ak-
- 15 torstromkreis wieder.

- In einer weiteren Variante der Erfindung erfolgt die Fehlerstrommessung in dem Aktorstromkreis dagegen an einem Mess-
- 20 punkt durch einen masseseitigen Messwiderstand und an dem anderen Messpunkt durch einen spannungsseitig angeordneten Messwiderstand.

Die vorstehend erwähnte spannungsseitige Fehlerstrommessung kann hierbei auch mit Spulen anstelle eines Messwiderstands erfolgen, was an sich hinlänglich bekannt ist.

- In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist ferner vorgesehen, dass die Messpunkte für die Fehlerstrommessung von dem Eingang der Treiberschaltung schaltungstechnisch ent-
- 30 koppelt sind, um eine eingangsseitige Verfälschung der Fehlerstrommessung zu vermeiden. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Treiberschaltung eingangsseitig einen Gleichspannungswandler aufweist. Die Entkopplung der in dem
- 35 Aktorstromkreis angeordneten Messpunkte für die Fehlerstrommessung von dem Eingang der Treiberschaltung kann beispielsweise durch eine galvanische Trennung erfolgen, indem zwi-

einen Lade- bzw. Entladevorgang auszuwählen, indem der jeweilige Schalter S1 durchschaltet, während die entsprechenden Schalter für die anderen Aktoren trennen.

- 5 Die Stromversorgung der Treiberschaltung erfolgt durch einen Spannungswandler 2, der ausgangsseitig durch einen Kondensator C1 gepuffert ist und beim Einsatz in einem Kraftfahrzeug von dem Kraftfahrzeugbordnetz mit einer Netzspannung $U_{NETZ}=42V$ versorgt wird.

10

Zwischen dem Aktor CP und dem Spannungswandler 2 ist hierbei ein Transformator 3 mit einer Primärwicklung W1 und einer Sekundärwicklung W2 angeordnet, wobei die Primärwicklung W1 mit dem Spannungswandler 2 verbunden ist, während die Sekundärwicklung mit dem Aktor CP verbunden ist.

15

- Die Primärwicklung W1 des Transformators 3 ist in Reihe mit einem Widerstand R2 und einer Parallelschaltung aus einer Diode D2 und einem Ladeschalter S2 geschaltet. Zum Aufladen des Stellgliedes wird der Ladeschalter S2 mit vorgegebener Frequenz und vorgegebenem Tastverhältnis im Pulsbetrieb mit einer vorgegebenen Zahl von Pulsweitenmodulierten Signalen bei der vorgegebenen Ladespannung angesteuert. Während des leitenden Zustandes des Ladeschalters S2 steigt der Strom durch die Primärspule W1 an und wird zu einem vorgegebenen Zeitpunkt durch Öffnen (nichtleitendsteuern) des Ladeschalters S2 abgebrochen. In dieser nichtleitenden Phase der Primärseite fließt über die Sekundärwicklung W2 bei einem dem Windungsverhältnis $W2/W1$ entsprechenden Strom eine impulsförmige Spannung, die von einem Kondensator C2 geglättet wird, und lädt den Aktor CP mit jedem Strompuls weiter auf, bis schließlich nach der vorgegebenen Zahl von Pulsen eine vorgegebene Aktorspannung in etwa erreicht ist. Der Sekundärkreis wird beim Laden des Aktors CP über den Auswahlswitch 1 geschlossen.
- 20
- 30
- 35

Figur 3a zeigt einen Massekurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP, so dass der Kondensator C2 vollständig über den Massekurzschluss entladen wird. Dies hat zum einen die Folge, dass die von der Diagnoseeinheit 4 gemessene Spannung U_{C2} auf Null abfällt. Zum anderen sind die von der Diagnoseeinheit 4 gemessenen Ströme I_{R1} und I_{R3} in dem Aktorstromkreis bei einem Massekurzschluss an dem positiven Anschluss des Aktors CP nicht mehr exakt gleich, da der Aktorstromkreis dann mehrere Maschen aufweist. Die Diagnoseeinheit 4 kann also anhand einer Messung der Spannung U_{C2} und der Ströme I_{R1} und I_{R3} einen Massekurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP erkennen. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert $DIAG=1$ an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Figur 3b zeigt dagegen einen Kurzschluss gegen eine Batteriespannung von +12V am positiven Anschluss des Aktors CP. Auch in diesem Fall stimmen die beiden Ströme I_{R1} und I_{R3} nicht exakt überein, da der Aktorstromkreis durch den Kurzschluss mehrere Maschen aufweist. Die von der Diagnoseeinheit 4 gemessene Spannung U_{C2} ist hierbei jedoch im wesentlichen gleich der Batteriespannung ($U_{C2} \approx +12V$), was eine Unterscheidung von dem in Figur 3a gezeigten Massekurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP ermöglicht. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert $DIAG=2$ an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Figur 3c zeigt weiterhin einen Kurzschluss gegen eine Batteriespannung von +42V am positiven Anschluss des Aktors CP. In diesem Fehlerfall stimmen die Ströme I_{R1} und I_{R3} ebenfalls nicht überein, da der Aktorstromkreis durch den Batteriekurzschluss mehrmaschig wird. Die Spannung U_{C2} ist dabei jedoch im wesentlichen gleich der Batteriespannung, d.h. es gilt

Ferner zeigt Figur 3f einen Fehlerfall der Treiberschaltung, in dem am negativen Anschluss des Aktors CP eine Kurzschluss gegen eine Batteriespannung von +42V auftritt. Hierbei nehmen
5 die Ströme I_{R1} und I_{R3} ebenfalls unterschiedliche Werte an, da der Aktorstromkreis durch den Kurzschluss mehrmaschig wird. Die Spannung U_{C2} hängt hierbei wiederum von dem Ladungszustand des Aktors und kann deutlich über der Batteriespannung von +42V liegen, was eine Unterscheidung von den in Figuren
10 3a bis 3c gezeigten Kurzschlüssen am positiven Anschluss des Aktors CP ermöglicht, bei denen die Ströme I_{R1} und I_{R3} ebenfalls unterschiedlich sind. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall ebenfalls den Wert $DIAG=5$ an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals
15 DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Die in den Figuren 3d bis 3f gezeigten Fehlerfälle mit einem Kurzschluss am negativen Anschluss des Aktors CP lassen sich
20 unterscheiden, wenn man bei einem Kurzschluss zusätzlich die Ladung betrachtet, die während einer vorgegebenen Zeitspanne über den Widerstand $R1$ gegen Masse abfließt. Diese elektrische Ladung ergibt sich nämlich bei aktiviertem Schalter $S1$ allein aus der Kurzschlussspannung 0V, +12V bzw. +42V, dem Widerstand $R1$ und der Integrationszeit. Die dadurch mögliche Unterscheidung der verschiedenen Kurzschlussfälle am negativen
25 Anschluss des Aktors CP wird später anhand der Figuren 2a und 2b detailliert beschrieben.

30 Figur 3g zeigt einen Fehlerfall der Treiberschaltung, bei dem über dem Aktor CP selbst ein Kurzschluss auftritt. In diesem Fall bleibt der Aktorstromkreis einmaschig, so dass die von der Diagnoseeinheit 4 gemessenen Ströme I_{R1} und I_{R3} im wesentlich gleich groß sind. Der in dem Aktorstromkreis fließende
35 Strom I_{R1} ist in diesem Fehlerfall jedoch wesentlich größer. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert $DIAG=7$ an, wobei die Be-

Im folgenden wird nun anhand der Figuren 2a und 2b das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren beschrieben, das von der Diagnoseeinheit 4 durchgeführt wird.

5

Zunächst misst die Diagnoseeinheit 4 die elektrische Spannung U_{C2} , die über dem Kondensator C2 abfällt. Die Kenntnis dieser Spannung ermöglicht beispielsweise die Unterscheidung der in den Figuren 3a bis 3c dargestellten Kurzschlüsse am positiven Anschluss des Aktors.

10

Darüber hinaus misst die Diagnoseeinheit 4 mittels eines Spannungsabgriffs die Spannung, die über dem Widerstand R1 abfällt, wobei diese Spannung den Strom i_{R1} wiedergibt, der während des Ladevorgangs in dem Aktorstromkreis durch den Widerstand R1 und den Aktor CP fließt.

15

Der Strom i_{R1} wird dann über eine vorgegebene Beobachtungsdauer aufintegriert, um die Ladung Q_1 zu ermitteln, die während der Beobachtungsdauer über den Widerstand R1 gegen Masse abfließt. Die Kenntnis der Ladung Q_1 ermöglicht eine Unterscheidung der in den Figuren 3f-3h dargestellten Fehlerfälle, wie noch detailliert beschrieben wird.

20

Weiterhin misst die Diagnoseeinheit 4 über einen Spannungsabgriff die über dem Widerstand R3 abfallende Spannung, die den Strom i_{R3} wiedergibt, der während des Ladevorgangs im Aktorstromkreis durch den Widerstand R3 fließt.

25

Bei fehlerfreiem Betrieb ohne Kurzschluss oder Leitungsunterbrechung müssen die Ströme i_{R3} und i_{R1} ohne größere Abweichungen übereinstimmen. Die Diagnoseeinheit 4 berechnet deshalb den Fehlerstrom $\Delta i = i_{R3} + i_{R1}$ am Massepunkt und vergleicht diese Abweichung Δi mit einem negativen Grenzwert $I1 < 0A$ und einem positiven Grenzwert $I2 > 0A$, um das Diagnosesignal DIAG in Abhängigkeit von dem Vergleich zu erzeugen.

30
35

Falls die Prüfung der Spannung U_{c2} weder einen Massekurzschluss noch einen Batteriekurzschluss gegen +12V am positiven Anschluss des Aktors CP ergibt, so prüft die Diagnoseeinheit 4 in einem nächsten Schritt, ob der positive Anschluss des Aktors CP einen Kurzschluss gegen die Batteriespannung von +42V aufweist. In diesem Fall muss die von der Diagnoseeinheit 4 gemessene Spannung U_{c2} nämlich zwischen +19V und +60V liegen. Die Diagnoseeinheit 4 vergleicht die Spannung U_{c2} deshalb mit diesen Grenzwerten und setzt das Diagnosesignal DIAG ggf. auf einen Wert $DIAG=3$, um anzuzeigen, dass der positive Anschluss des Aktors CP einen Kurzschluss gegenüber der Batteriespannung von +42V aufweist. Anschließend beendet die Diagnoseeinheit 4 dann das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.

Wenn auch diese Prüfung keinen Kurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP ergibt, so wird in einem nächsten Schritt ein Kurzschluss am negativen Anschluss des Aktors CP angenommen. Hierbei kann jedoch nicht weiter spezifiziert werden, ob der negative Anschluss des Aktors CP einen Kurzschluss gegenüber Masse oder gegenüber Batteriespannung aufweist. Es kann also einer der in den Figuren 3d bis 3f dargestellten Fehlerfälle vorliegen. Die Diagnoseeinheit 4 setzt das Diagnosesignal DIAG dann mangels weiterer Informationen auf den Wert $DIAG=4$ und beendet anschließend das Überwachungsverfahren.

Im folgenden wird nun die Beschreibung von Figur 2a für den Fall fortgesetzt, dass der Fehlerstrom Δi positiv oder betragsmäßig kleiner als der Grenzwert I_1 ist.

In diesem Fall wird in einem nächsten Schritt überprüft, ob der Fehlerstrom Δi den positiven Grenzwert I_2 überschreitet.

Falls diese nicht der Fall ist, so sind die beiden Ströme i_{R1} und i_{R3} im wesentlichen gleich groß. Dies lässt den Schluss

Überwachungsverfahren, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.

Andernfalls liegt dagegen ein nicht näher spezifizierbarer

- 5 Kurzschluss vor, so dass die Diagnoseeinheit das Diagnosesignal DIAG auf den Wert $DIAG=6$ setzt und das Überwachungsverfahren anschließend beendet, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.

- 10 Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Fehlererkennung nur während eines Ladevorgangs durchgeführt werden, da nur dann der Strom in dem Ak-
- 15 torstromkreis durch den Widerstand $R3$ fließt und gemessen werden kann. Während eines Entladevorgangs ist dagegen der Entladeschalter $S3$ geschlossen, so dass der Strom in dem Ak-
- torstromkreis durch den Widerstand $R4$ fließt.

- In einer Variante der Erfindung wird deshalb zusätzlich der Strom i_{R4} durch den Widerstand $R4$ gemessen, um auch während
- 20 eines Entladevorgangs eine Fehlererkennung zu ermöglichen. Hierzu ist zusätzlich ein gestrichelt dargestellter Spannungsabgriff vorgesehen, über den die Diagnoseeinheit 4 den Strom i_{R4} durch den Widerstand $R4$ misst.

Die Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene bevorzugte Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den Schutzbereich fallen.

dass der Spannungsanstieg ermittelt und das Diagnosesignal (DIAG) in Abhängigkeit von dem gemessenen Spannungsanstieg erzeugt wird.

- 5 5. Überwachungsverfahren nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Spannung (U_{C2}) während eines Ladevorgangs gemessen
und das Diagnosesignal (DIAG) in Abhängigkeit von der gemessenen Spannung (U_{C2}) erzeugt wird.

10

6. Überwachungsverfahren nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Spannung (U_{C2}) zwischen einem Ladevorgang und einem
Entladevorgang gemessen und das Diagnosesignal (DIAG) in Ab-
15 hängigkeit von der gemessenen Spannung (U_{C2}) erzeugt wird.

7. Überwachungsverfahren nach mindestens einem der vorher-
gehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
20 das die Messung des in dem Aktorstromkreis fließenden Stroms
(i_{R1} , i_{R2}) an zwei masseseitigen Messpunkten erfolgt.

8. Überwachungsverfahren nach mindestens einem der Ansprü-
che 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
das die Messung des in dem Aktorstromkreis fließenden Stroms
(i_{R1} , i_{R2}) an zwei spannungsseitigen Messpunkten erfolgt.

9. Überwachungsverfahren nach mindestens einem der Ansprü-
30 che 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
das die Messung des in dem Aktorstromkreis fließenden Stroms
(i_{R1} , i_{R2}) an einem masseseitigen Messpunkt und an einem span-
nungsseitigen Messpunkt erfolgt.

35

wobei der erste Schaltungszweig (S3, R4) einen Entladeschalter (S3) enthält und den elektrischen Strom während des Entladevorgangs führt,

5 während der zweite Schaltungszweig (D3, R3) eine Diode (D3) enthält und den elektrischen Strom während des Ladevorgangs führt.

13. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 12,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die erste Messeinrichtung einen ersten Messwiderstand (R1) aufweist, der mit dem Aktor (CP) in Reihe geschaltet ist.

15 14. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die zweite Messeinrichtung einen zweiten Messwiderstand (R3) aufweist, der mit der Sekundärwicklung (W2) des Transformators (3) in Reihe geschaltet ist.

15. Treiberschaltung nach Anspruch 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der zweite Messwiderstand (R3) in dem zweiten Schaltungszweig (D3, R3) angeordnet ist.

16. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 15,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
30 eine dritte Messeinrichtung (C2, 4) zur Messung der während des Ladevorgangs in dem Aktorstromkreis entstehenden elektrischen Spannung (U_{C2}), wobei die dritte Messeinrichtung mit der Vergleichereinheit (4) verbunden ist, um das Diagnosesignal (DIAG) in Abhängigkeit von der gemessenen Spannung (U_{C2})
35 zu erzeugen.

Zusammenfassung

Überwachungsverfahren für einen Aktor und zugehöriger Treiberschaltung

5

10

15

20

Die Erfindung betrifft ein Überwachungsverfahren für einen Aktor (CP), insbesondere für einen piezoelektrischen Aktor (CP) eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, mit den folgenden Schritten: Messung des in einem Aktorstromkreis durch den Aktor (CP) fließenden elektrischen Stroms (i_{R1}), Messung des in dem Aktorstromkreis vor oder nach dem Aktor (CP) fließenden elektrischen Stroms (i_{R3}), Vergleich der beiden gemessenen Ströme (i_{R1} , i_{R2}) zur Erkennung einer Störung und Erzeugung eines die Störung anzeigenden Diagnosesignals (DIAG) in Abhängigkeit von dem Vergleich. Es wird vorgeschlagen, dass das Diagnosesignal (DIAG) zur Unterscheidung eines Massekurzschlusses, eines Spannungskurzschlusses und eines fehlerfreien Zustands in Abhängigkeit von dem Vergleich der gemessenen Ströme mindestens drei verschiedene Werte annimmt. Weiterhin umfasst die Erfindung eine entsprechende Treiberschaltung.

(Figur 1)

25

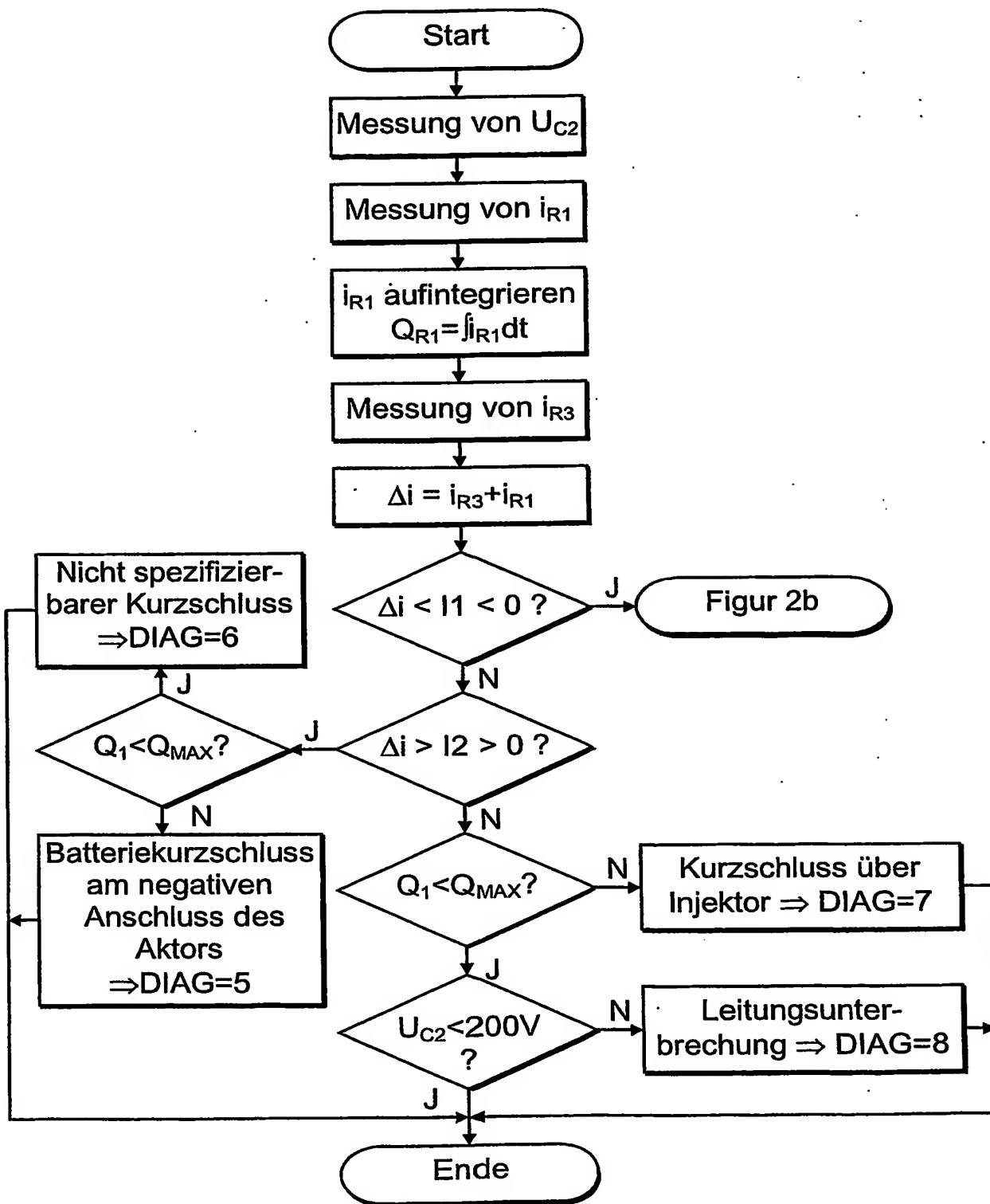


FIG 2a

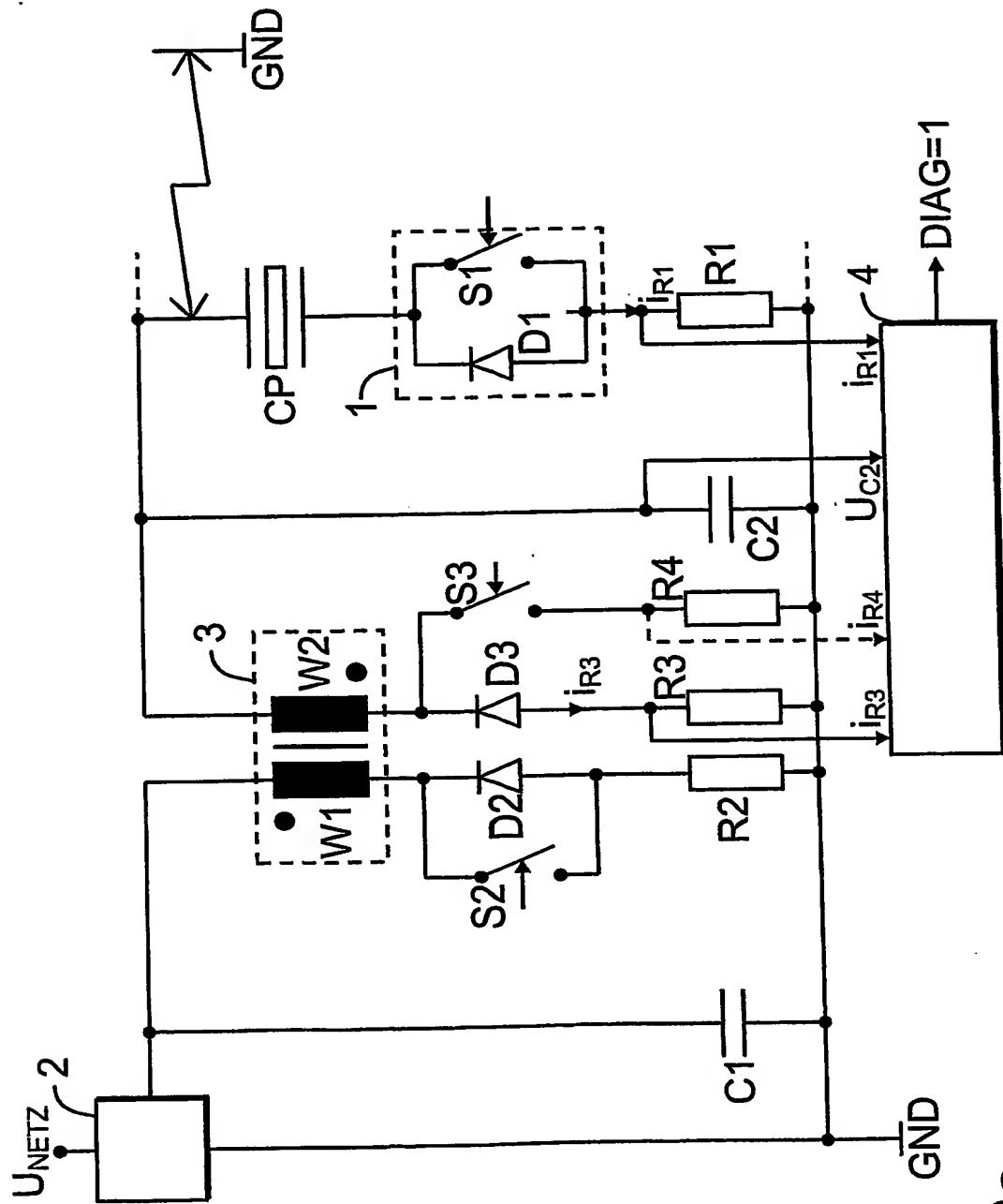


FIG 3a



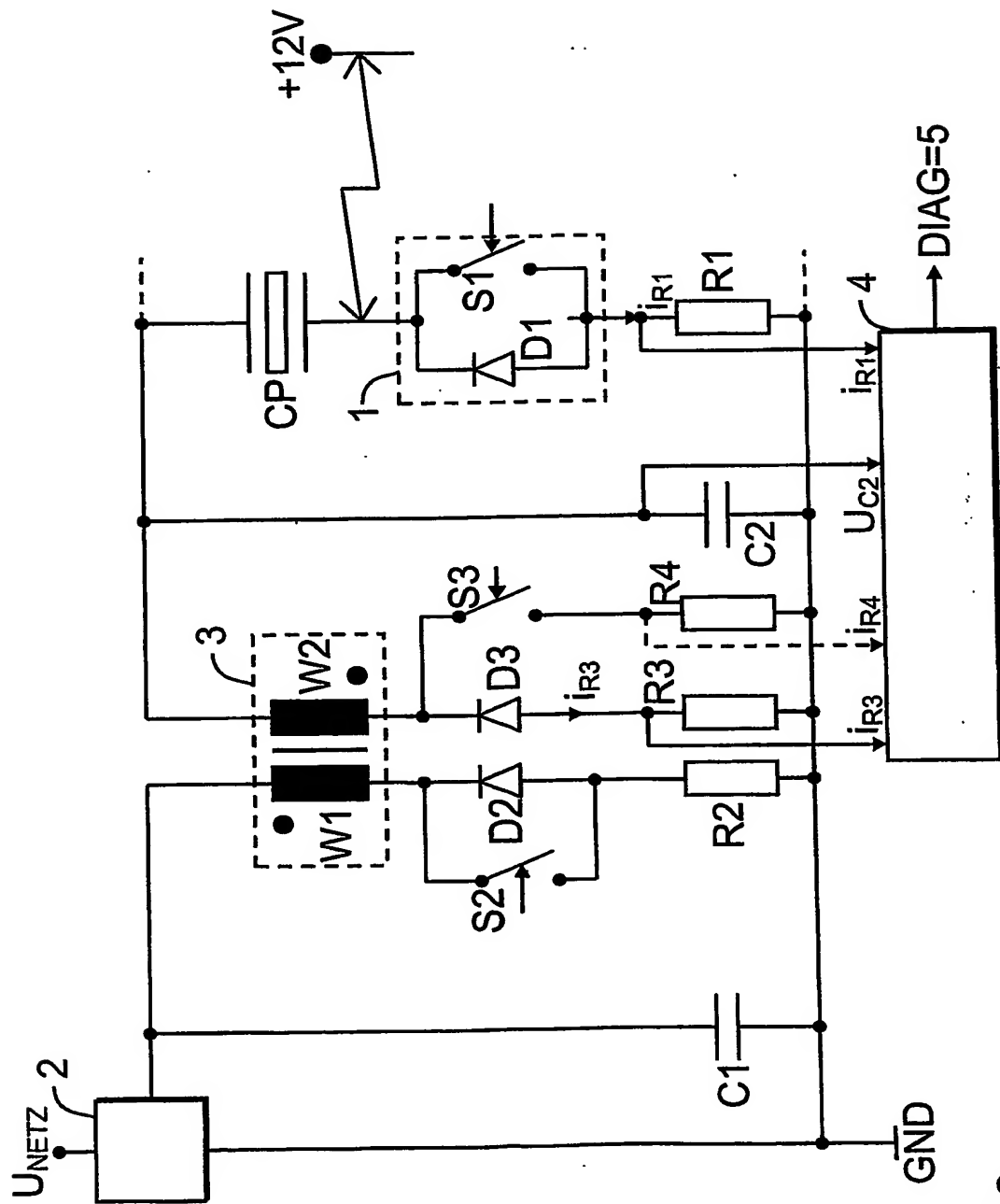


FIG 3e

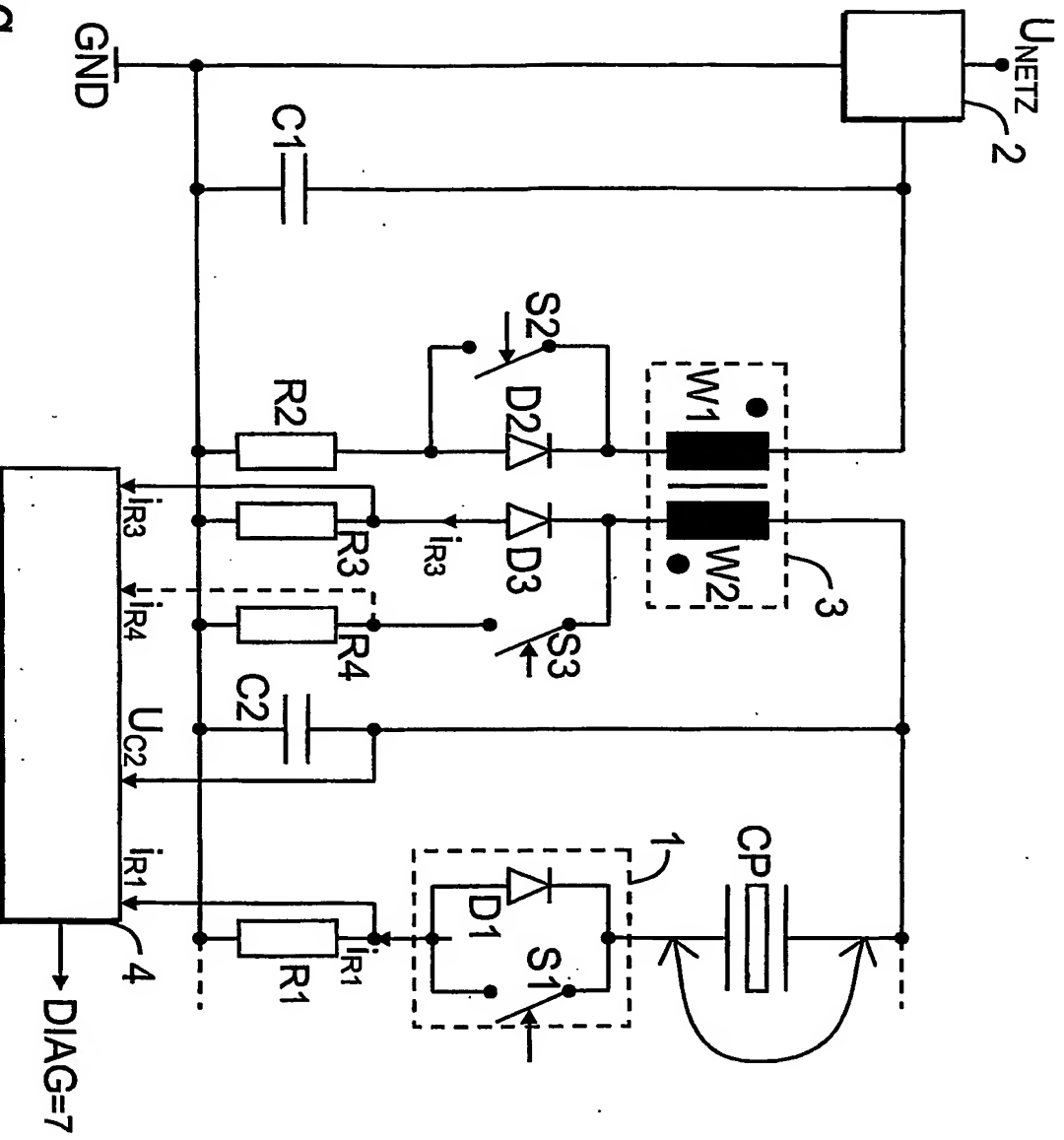


FIG 3g

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.